ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
Т. 56, № 11/3 ФИЗИКА 2013

УДК 504.3.054

Н.К. РЫЖАКОВА, А.Л. БОРИСЕНКО**, Ю.В. ДОЛЕЦКАЯ*, Н.С. РОГОВА**

АНАЛИЗ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ХИМИЧЕСКИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ГОРОДА ТОМСКА

Изучено загрязнение химическими элементами атмосферного воздуха Томска с помощью биоиндикационного метода. Эпифитный мох *Pylaisiella polyantha* отобран в 115 точках. Содержание 25 химических элементов определяли атомно-эмиссионной спектрометрией в НАЦ ТПУ, г. Томск. Построены карты пространственного распределения химических элементов, определены наиболее загрязненные и чистые районы Томска.

Ключевые слова: *мхи-биоиндикаторы, атомно-эмиссионная спектрометрия, загрязнение воздуха городской территории, тяжелые металлы.*

Атмосферный воздух является одним из основных жизненно важных компонентов окружающей среды. Воздух более чем другие природные объекты, в силу присущих ему свойств, связан с жизненными процессами в человеческом организме.

Существуют два пути загрязнения атмосферы – естественный и искусственный. Загрязнение атмосферы естественным путем может происходить в результате лесных пожаров, эрозии почвы, пыльных бурь, извержений вулканов. Искусственное загрязнение атмосферы обусловлено практической деятельностью человека, что особенно важно для урбанизированных территорий. Контроль за загрязнением воздуха на городской территории в соответствии с санитарными правилами производиться на опорных пунктах. Такой способ контроля имеет существенные недостатки. Во-первых оценивается содержание только пыли, сажи, метилового спирта, бенз(а)пирена и некоторых газов. Однако несомненный интерес представляет химический состав атмосферных аэрозолей и осадков. Во-вторых, количество опорных точек явно недостаточно (например, в Томске 6 опорных точек) для составления достоверной картины загрязнения, так как особенностью загрязнения атмосферы в условиях города является неравномерное распределение примеси на городской территории.

Существует ряд способов определения степени загрязнения воздуха химическими элементами. Как правило, основные различия заключены на начальном этапе, то есть в момент отбора проб. Существующие инструментальные методы определения химического загрязнения атмосферного воздуха, основанные на прокачке воздуха через фильтры, позволяют произвести локальные измерения за короткие промежутки времени от нескольких минут до нескольких суток, что не дает возможности получить достоверные оценки средних уровней загрязнения атмосферного воздуха. Более длительная экспозиция имеет место при контроле содержания химических элементов в воздухе с помощью анализа осадков, например, снегового покрова. Однако пробоотбор и пробоподготовка осадков являются трудоемкими процессами, что не позволяет производить исследования на достаточно больших территориях. В качестве индикатора загрязнения атмосферного воздуха все чаще используют мхи и лишайники, которые обладают хорошими аккумуляционными свойствами и произрастают на обширных территориях [1–4].

Последующие стадии существующих способов одинаковы и основаны на использовании таких наиболее распространенных методов определения химического состава проб, как атомно-абсорбционная и атомно-эмиссионная спектрометрия, нейтронно-активационный анализ, рентгенофлуоресцентный и фотоколориметрический метод.

Томским политехническим университетом запатентован метод, основанный на использовании эпифитного мха *Pylaisiella polyantha*, который произрастает на коре деревьев, например осин и тополей [5]. Это позволяет производить отбор проб мха не только в лесных массивах, но и на урбанизированных территориях.

Цель исследования – анализ загрязнения химическими элементами атмосферного воздуха города Томска с помощью эпифитного мха *Pylaisiella polyantha* и атомно-эмиссионной спектрометрии.

Мох отбирали на территории города Томска в 2011 г. с коры тополей на высоте примерно 1.5–2 м от земли (рис. 1). Пробы очищали от земли и различных примесей, затем производили промывку дистиллированной водой и высушивали в муфельной печи до постоянного веса при

температуре 80–100 °С. Методом квартования из зеленой части мха изготавливали представительные пробы, которые подвергали процессу гомогенизации. Всего подготовлено и измерено 115 образцов мха *Pylaisiella polyantha*. Для каждого образца проведено 2–3 параллельных измерения, по которым вычислено среднее значение концентраций.

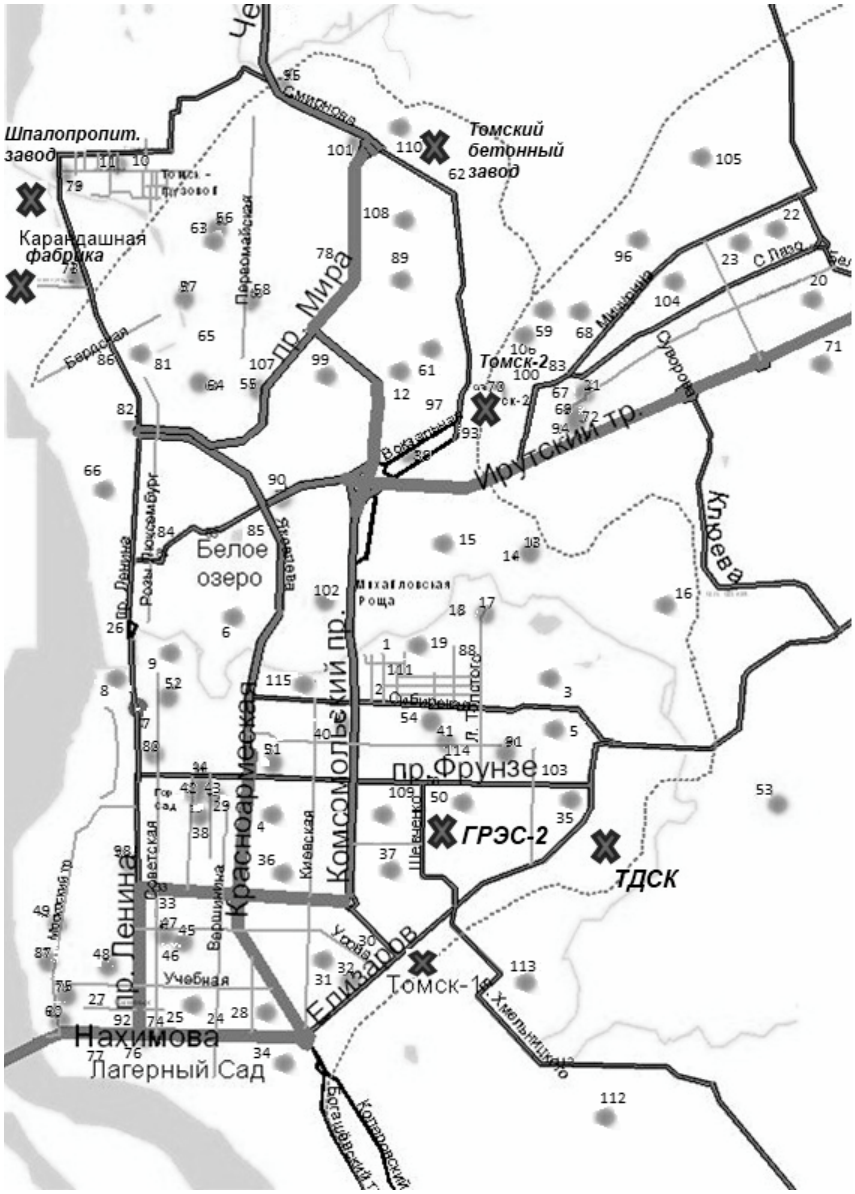


Рис. 1. Карта отбора проб мхов в городе Томске

Измерение концентраций химических элементов проведены на атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно-связанной плазмой (ИСП) «iCAP 6300 Duo» в научно-аналитическом центре НИ ТПУ [6]. Достоинствами ИСП является высокая долговременная стабильность и воспроизводимость условий возбуждения; самопоглощение в ИСП ничтожно мало. Погрешность измерений определяется методикой измерений и составляет 10–40 %. Измерено содержание 25 химических элементов: Al, As, B, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Si, Sn, Sr, Ti, V, W, Zn.

На основе данных по содержанию химических элементов во мхах и пакета ArcView GIS построены пространственные распределения концентраций химических элементов в атмосфере города Томска.

Для анализа загрязнения атмосферного воздуха территория Томска условно разделена на северную (севернее ул. Сибирской) и южную части. Такое разделение обусловлено тем, что наибо-

лее крупные производства (ЖБК-40, ЖБК-100, Бетонный завод, «Томскнефтехим») расположены в северной части.

В северной части города распределение химических элементов в атмосфере более неравномерное, чем в южной части. Особенно большие вариации концентраций (максимальные концентрации превышает минимальные в 5 и более раз) наблюдаются для As, Cd, Cr, Na, Ni, Si, Sr, W, Zn. На рис. 2 приведены гистограммы для отношения максимальных концентраций к минимальным (C_{max}/C_{min}) для перечисленных выше элементов, кроме кремния, для которого разброс концентраций еще больше: в южной части $C_{max}/C_{min} \approx 52$, а в северной – $C_{max}/C_{min} \approx 700$. Это связано с тем, что производства в северной части расположены на значительном расстоянии друг от друга.

Усредненное по территории содержание большинства химических элементов во мхах, отобранных в северной части города, сопоставимо со значениями для южной части. Исключением являются Ni, W, Sn, для которых в северной части усредненные концентрации выше примерно в 2 раза. Возможно, небольшая разница в усредненных концентрациях химических элементов связана с тем, что пробы в северной части города отобраны на значительном удалении от основных предприятий, загрязняющих атмосферный воздух (например, от Томского бетонного завода), а также тем, что предприятия распределены более неравномерно, чем в южной.

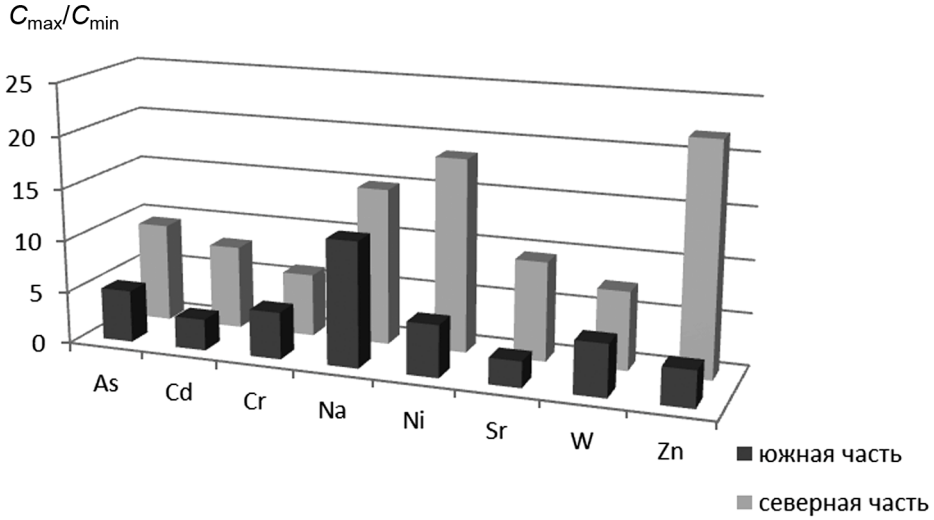


Рис. 2. Отношение максимальной концентрации (C_{max}) к минимальной (C_{min}) для южной (темно-серый цвет) и северной (светло-серый цвет) части города Томска

Высокие концентрации олова, кремния, свинца, никеля, кадмия и цинка наблюдаются на пересечении основных автомагистралей как в северной, так и в южной частях города Томска.

Наиболее загрязненным районом в южной части (практически по всем элементам) является территория, прилегающая к «ТДСК». На такую ситуацию мог повлиять, как сам «ТДСК», так и расположенная неподалеку ГРЭС-2. Кроме того, сильно загрязненными являются территории вблизи вокзала Томск-1 и пл. Южной, где большой поток машин и постоянные пробки.

Наиболее загрязненным районом северной части города Томска является конец проспекта Ленина, так как тут расположены «Томская карандашная фабрика» и шпалопропиточный завод. Кроме того, в северной части города большие концентрации многих химических элементов обнаружены в районе улицы Смирнова, где находится бетонный завод и частые пробки на ж/д переезде. В районе начала Иркутского тракта наблюдаются большие концентрации многих химических элементов, например Ca, Cu, Fe, Cd, Zn. Это связано со строящейся там, на период отбора проб, дорожной развязкой, а также с большим потоком машин и с расположенным близко вокзалом Томск-2.

В качестве примера на рис. 3 и 4 приведены пространственные распределения концентраций Fe и Zn.

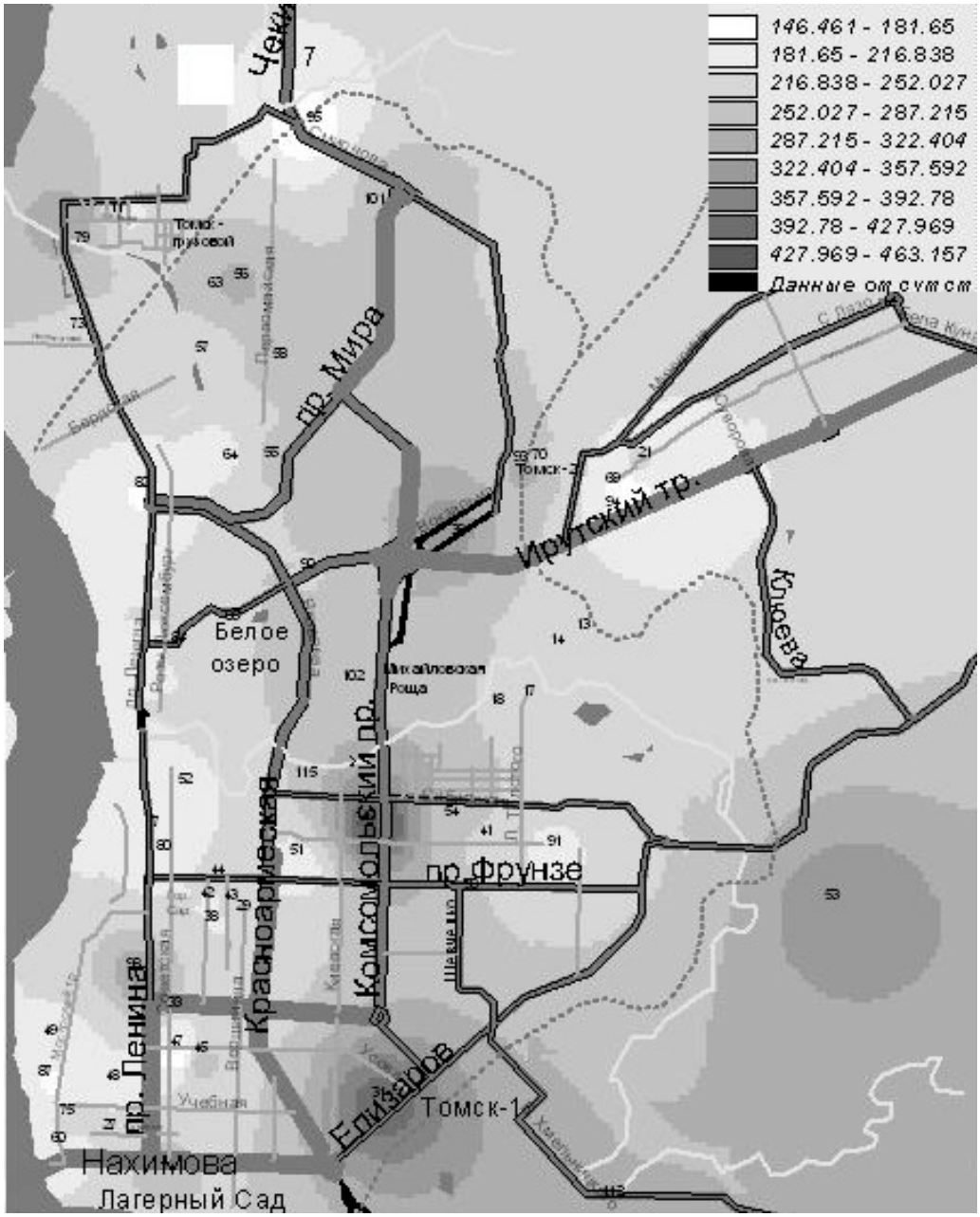


Рис. 3. Пространственное распределение концентраций Zn во мхах, отобранных в Томске

Таким образом, наиболее загрязненными являются территории, расположенные неподалеку от ж/д станций, больших автомагистралей и крупных заводов. Самыми чистыми являются расположенные рядом с рекой районы Лагерного сада и Московского тракта.

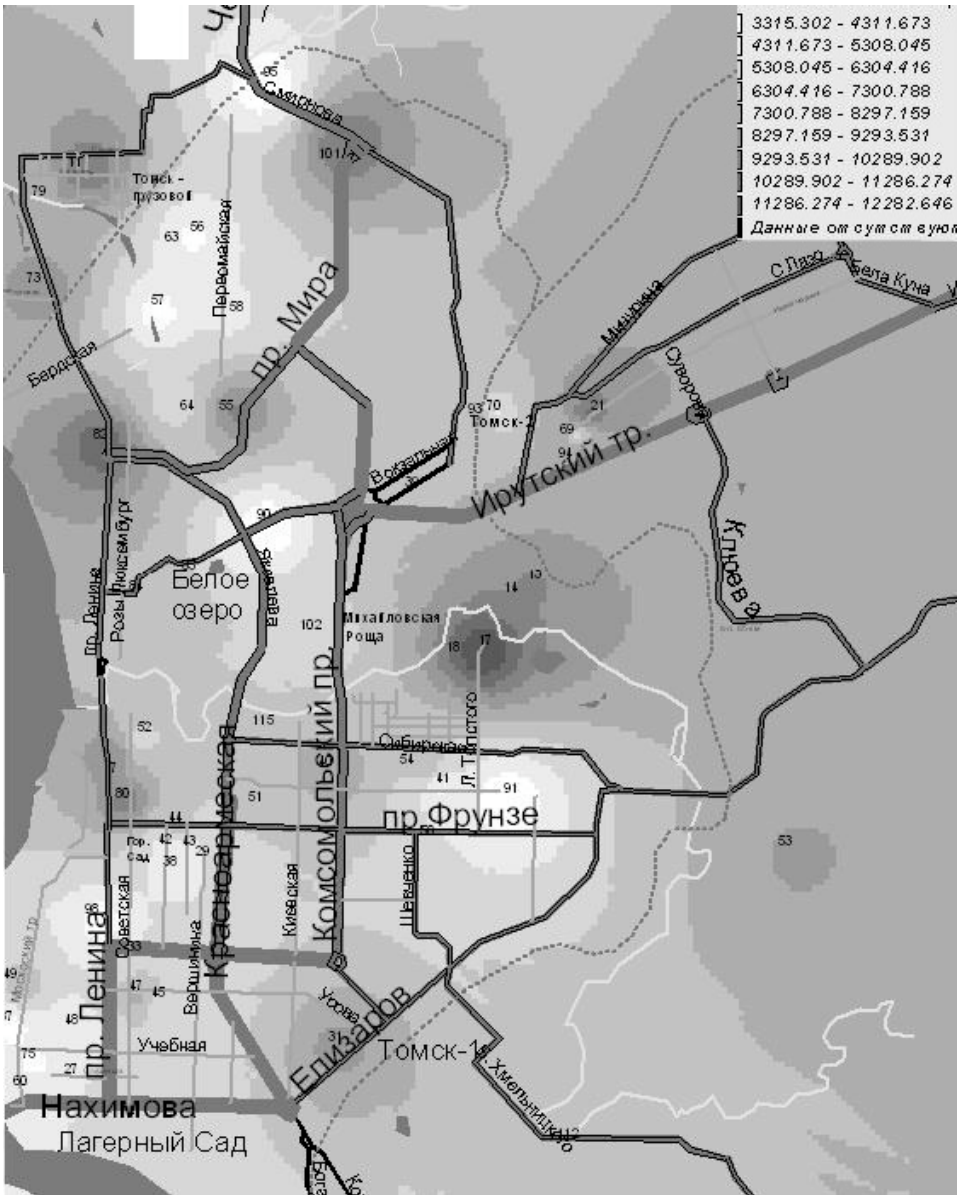


Рис. 4. Пространственное распределение концентраций Fe во мхах, отобранных в Томске

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Королёва Ю.В. // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. – 2006. – № 7. – С. 29–34.
2. Alvarez Montero A., Estévez Alvarez J.R., Iglesias Brito H., et al. // J. Radioanalyt. Nucl. Chem. – 2006. – V. 270 (1). – P. 63–67.
3. Bačeva K., Stafilov T., Šajn R., and Tănăselia C. // J. Environment. Sci. Health, Part A. – 2012. – V. 47. – P. 645–656.
4. Chen Y.E., Yuan S., Su Y.Q., and Wang L. // Plant, Soil and Environment. – 2010. – No. 56 (2). – P. 60–66.
5. Рыжакова Н.К., Борисенко А.Л., Меркулов В.Г., Рогова Н.С. // Оптика атмосферы и океана. – 2009. – Т. 22. – № 1. – С. 101–104.
6. Короткова Е.И. и др. Физико-химические методы исследования и анализа: учеб. пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – 167 с.

*Национальный исследовательский
Томский политехнический университет, г. Томск, Россия
**Национальный исследовательский
Томский государственный университет, г. Томск, Россия
E-mail: rogova@tpu.ru

Поступила в редакцию 30.09.13.

Рыжакова Надежда Кирилловна, доцент, к.ф.-м.н.;
Борисенко Алексей Леонидович, к.б.н., доцент;
Долецкая Юлия Викторовна, студентка;
Рогова Наталья Сергеевна, ассистент.